

DESAIN ZERO RUNOFF SYSTEM DI KAMPUS IPB DRAMAGA, BOGOR, JAWA BARAT

(Design of Zero Runoff System at IPB Darmaga Campus, Bogor, West Java)

Muhammad Ihsan^{1*}, Budi Indra Setiawan², Nora H. Pandjaitan³

^{1,2,3} Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

Penulis korespondensi: Muhammad Ihsan. Email: ihsansitepu@gmail.com

Diterima: 11 November 2015

Disetujui: 5 Januari 2016

ABSTRACT

Bogor Agricultural University (IPB) Campus is an urban area that experienced flooding when heavy rain occurred, especially at Graha Widya Wisuda (GWW)'s parking lot, Kamper Street (FEMA), Meranti Street, and Tanjung Street. The drainage system of IPB campus is a conventional system. It drain surface runoff as fast as possible to the outlet. Zero Runoff System (ZROS) is one of technologies to minimize runoff using water storage. The advantages of ZROS are runoff minimization, local aquifer's recharge, and damage mitigation on public facilities. This research aimed to design ZROS at IPB Campus that capable to minimize surface runoff. This research started by water catchment area (WCA) delineation, design rainfall and peak runoff analysis, infiltration rate measurement, and ZROS design calculation. Based on frequency analysis the design rainfall was 125.68 mm. Sub-sub-WCA 1-1C (3 locations), 1-1B, 2-1B, and 2-2A were the flooding's location. Water pocket is the proposed technology to be applied in ZROS. To mitigate flooding, sub-sub-WCA 1-1B, 1-1C, 2-1B, and 2-2A needed 44 units of water pockets with length of 1.20 m (sub-sub-DTA 1-1B, 2-1B, dan 2-2A) and 1.60 m (sub-sub-DTA 1-1C), with depth ranged from 2.41 m to 3.40 m.

Keywords: *drainage, flood, runoff, water balance, ZROS*

PENDAHULUAN

Kampus IPB Darmaga sedang berbenah menuju kampus hijau biru di antaranya dewasa ini dengan secara bertahap membatasi lalu lintas kendaraan yang berbahan bakar minyak digantikan oleh yang digerakkan listrik dan gas. Gerakan ini juga dilatarbelakangi dengan semakin tak terkendalinya lalu-lalang kendaraan umum termasuk ojek yang semakin mengganggu keamanan, kenyamanan dan suasana akademis.

Kampus IPB Darmaga pun ternyata mempunyai permasalahan lain yang cukup akut, yaitu sistem drainasenya yang buruk sehingga sering timbul genangan air sesaat dan setelah kejadian hujan walau hanya dengan intensitas sedang. Hal ini dipicu pula oleh perubahan tutupan lahan seiring

pembangunan gedung-gedung dan infrastruktur baru yang cukup pesat. Komposisi tutupan vegetasi semakin mengecil digantikan atap, aspal dan beton. Beberapa daerah langganan genangan air terutama di sekitar Gedung Graha Widya Wisuda (GWW), Jalan Kamper Fakultas Ekologi Manusia (FEMA), Jalan Meranti, dan Jalan Tanjung (Ihsan 2014; Hapsari 2014; Chandra 2014; Wijaya 2014; Rajasa 2014; Nugraha 2014).

Dengan semakin mengecilnya daerah resapan air, pola limpasan aliran permukaan pun berubah menjadi semakin tidak terkendali. Tidak jarang saluran drainase yang ada tidak mampu lagi menampungnya bahkan pada saat tertentu air dari saluran drainase malah meluap ke lahan dan jalan yang dilaluinya. Sistem drainase yang ada pun masih konvensional yang lebih mengutamakan mengalirkan air

secepatnya ke badan air yang ada di dalam atau ke kedua sungai yang berada di luar kampus.

Dalam mengantisipasi perubahan iklim dimana musim kemarau semakin panjang tindakan konservasi air melalui berbagai metode termasuk panen hujan semakin mendapat perhatian luas. Krebs dan Larsen 1997 memperkenalkan sistem ekodrainase dalam rancangan struktur drainase yang juga mampu menyerap air limpasan permukaan ke dalam lapisan tanah. Selain itu, sistem ekodrainase dirancang juga untuk mengurangi erosi (Contreras *et al.* 2013), mengisi akuifer dan mencegah kerusakan fasilitas umum (Papafiotiou dan Katsifarakis 2015). Lebih lanjut, Kumar *et al* (2013), Afolayan *et al* (2012), serta Otti dan Ezenwaji (2013) menyatakan bahwa konservasi air hujan bermanfaat untuk menyediakan air di musim kemarau.

Sementara itu, Setiawan (2014) memperkenalkan konsep zero-runoff system (ZROS) berdasarkan pada model neraca air yang bertujuan mengurangi air limpasan permukaan keluar dari satu kawasan dengan menyerapkannya secara terdistribusi ke dalam lapisan tanah yang dilaluinya. Sistem ini telah diterapkan, di antaranya: Wirasembada (2014) berhasil mengurangi air limpasan permukaan di DAS Cidanau dari 35.26 % ke 2.43 % pada satu kejadian hujan yang sama, Fachruddin (2014) berhasil menyerap air limpasan permukaan sekitar 0.03 – 1.63 l/s yang berdampak positif terhadap produktivitas buah pala di Provinsi Aceh. Demikian pula, Surdianto (2012) melaporkan kelanjutan produksi belimbing pada musim kemarau di Kotamadya Depok.

Penelitian ini bertujuan menghasilkan rancangan ZROS guna mengatasi masalah genangan air dan mengetahui efektivitasnya dalam mengurangi limpasan permukaan. Rancangan ZROS ini berupa lokasi, distribusi, dimendi dan spesifikasi

struktural resapan air yang didasarkan pada hasil analisis hidrologi, topografi, sistem drainase, dan infiltrasi tanah.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Gedung Graha Widya Wisuda (GWW), Jalan Kamper Fakultas Ekologi Manusia (FEMA), Jalan Meranti, dan Jalan Tanjung, Kampus IPB Dramaga Bogor. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari hingga Agustus 2015. Secara umum, tahapan penelitian yang dilakukan adalah deliniasi daerah tangkapan air (DTA), analisis peluang kejadian hujan, analisis limpasan permukaan dan kapasitas saluran drainase, penentuan kapasitas infiltrasi, dan perancangan ZROS.

Deliniasi DTA dilakukan berdasarkan peta topografi dan peta sistem drainase Kampus IPB Dramaga. Kondisi topografi diperoleh melalui surveying dengan menggunakan alat Global Positioning System (GPS) dan Total Station. Data koordinat lokasi dan elevasi, hasil pengukuran kemudian diolah dengan menggunakan program Surfer 10, sehingga diperoleh peta kontur topografi. Peta sistem drainase diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan, kemudian hasil pengamatan didigitasi pada peta dasar dengan menggunakan program ArcGIS 10. Peta dasar yang digunakan adalah citra satelit *Google Earth*. Peta topografi dan sistem drainase kemudian ditumpangtindihkan (overlay) dan menjadi acuan dalam deliniasi DTA.

Suatu DTA adalah wilayah yang mengalirkan air limpasan ke satu atau lebih saluran drainase, kemudian memiliki satu outlet sebagai tempat keluarnya air limpasan dari saluran drainase tersebut. Batas DTA, sub-DTA, dan sub-sub DTA dideliniasi dan dihitung luasnya menggunakan program ArcGIS 10

berdasarkan kondisi topografi dan sistem drainase.

Analisis peluang kejadian hujan dilakukan untuk mengetahui nilai curah hujan rencana. Hujan rencana (R_{24}) dihitung berdasarkan analisis peluang data sekunder curah hujan harian maksimum Dramaga tahun 2004-2013. Analisis frekuensi berfungsi mengetahui hubungan kejadian hidrologis ekstrim, seperti curah hujan tinggi yang mungkin terjadi dalam periode ulang tertentu (Bhim et al. 2012). Analisis frekuensi yang dilakukan antara lain distribusi Normal, Log Normal, Log Person III, dan Gumbel (Suripin 2014). Bhim et al. (2012) menyatakan setiap jenis distribusi memiliki persyaratan parameter statistik yang harus dipenuhi, yaitu koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi yang memenuhi persyaratan nilai C_s dan C_k .

Asquith et al. (2011) menyatakan metode rasional biasa dapat digunakan untuk wilayah studi dengan cakupan kecil, sehingga debit puncak limpasan (Q_{peak}) dihitung dengan menggunakan metode rasional. Perhitungan Q_{peak} menggunakan metode rasional memperhitungkan faktor koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas DTA (A). Menurut Rajil et al (2011) koefisien limpasan merupakan perbandingan antara limpasan dan curah hujan. Nilai C dihitung berdasarkan peta tata guna lahan. Nilai intensitas hujan (I) dihitung dengan persamaan Mononobe (Suyono dan Takeda 1983) menggunakan nilai R_{24} dan waktu konsentrasi (t_c).

Hasil analisis debit puncak limpasan pada suatu DTA kemudian akan dibandingkan dengan kapasitas debit saluran drainasenya ($Q_{saluran}$). Kapasitas debit saluran dihitung menggunakan persamaan Manning (Suripin 2014). Saluran yang memiliki kapasitas saluran di bawah debit puncak limpasan menunjukkan saluran tersebut tidak dapat menanggulangi banjir ketika kejadian

hujan menyebabkan debit limpasan melampaui Q_{peak} . Evaluasi sistem drainase hanya dilakukan pada lokasi kejadian banjir. Faktor kondisi inlet dan kemiringan lahan sebagai penyebab banjir juga diamati secara langsung ketika hujan terjadi.

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan di tiga lokasi, yaitu area parkir GWW, Jalan Kamper, dan Jalan Meranti. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan menggunakan alat mini disc infiltrometer. Pencatatan tinggi air dalam tabung dilakukan sampai air habis setiap 30 detik untuk tanah lempung dan berpasir, sedangkan untuk tanah liat interval pencatatan adalah 15 menit. Hasil pengukuran adalah data infiltrasi kumulatif dan waktu. Laju infiltrasi kemudian dianalisis dengan menggunakan model Philip.

Perancangan ZROS mencakup perhitungan dimensi dan spesifikasi water pocket. Campisano et al. (2014) menyatakan bahwa ukuran suatu tampungan bangunan drainase sangat mempengaruhi penurunan limpasan. Water pocket memiliki kemiripan dengan sumur resapan konvensional, namun dilengkapi sistem pemanenan air hujan, sehingga air yang tersimpan dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari. dan Penentuan dimensi dan spesifikasi water pocket mengacu pada SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan (BSN 2002) yang dimodifikasi dengan penambahan sistem pemanenan air hujan. Luas area yang dijadikan dasar perhitungan volume andil banjir adalah area yang mengalami genangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

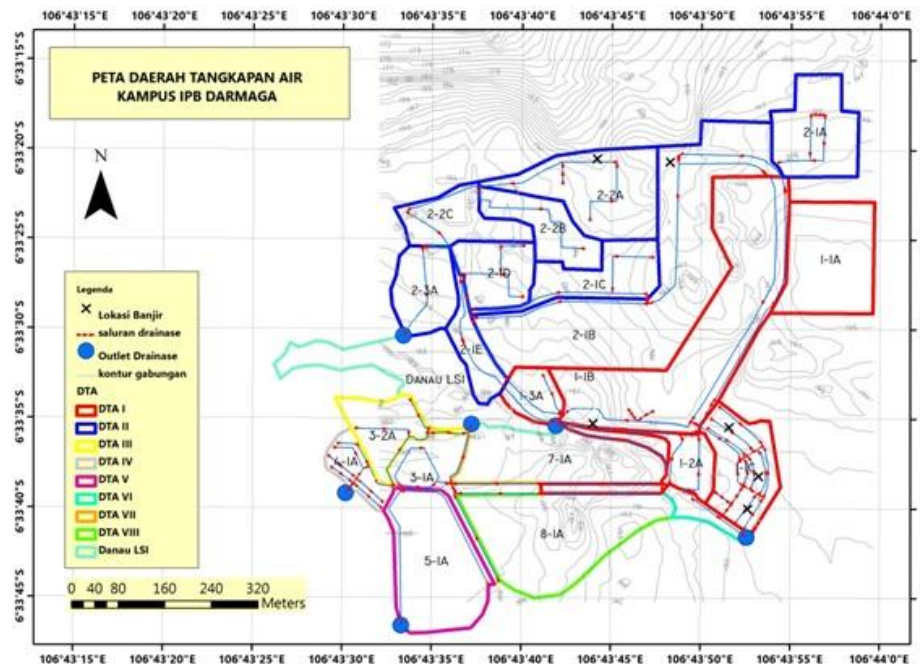
Daerah Tangkapan Air

Batas-batas DTA ditentukan berdasarkan kondisi topografi, sistem drainase, dan pola aliran. Satu DTA merupakan wilayah yang memiliki satu

atau lebih inlet, namun memiliki outlet yang sama. Berdasarkan hasil observasi di lapangan, lokasi studi dibagi menjadi 8 DTA, 13 sub-DTA, dan 22 sub-sub-DTA. Peta kontur topografi dan DTA lokasi studi disajikan pada Gambar 1.

Analisis selanjutnya hanya dilakukan pada DTA yang mengalami

analisis hanya distribusi Gumbel yang memenuhi persyaratan parameter statistik, sehingga nilai R_{24} dari distribusi Gumbel akan digunakan. Suripin (2004) menyatakan DTA dengan luas 10 – 100 ha dapat menggunakan R_{24} dengan periode ulang 2 tahun. Berdasarkan Tabel 2, jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi



Gambar 1 Kontur topografi dan daerah tangkapan air serta ujung saluran drainase

banjir Lokasi banjir terjadi DTA 1 dan 2, tepatnya di sub-sub-DTA 1-1B (Jalan Kamper FEMA), 1-1C (Area Parkir Gedung GWW), 2-1B (Jalan Meranti), dan 2-2A (Jalan Tanjung). DTA 1 mencakup Wilayah Gedung GWW, Jalan Kamper, FEMA, FAPERTA, dan FMIPA. DTA II mencakup wilayah Gedung CCR, Jalan Meranti, Jalan Tanjung, FATETA, FAHUTAN, dan Perpustakaan LSI. Luas DTA 1 dan 2 beserta sub-DTA dan sub-sub-DTA nya disajikan pada Tabel 1.

Peluang Kejadian Hujan

Hasil analisis peluang kejadian hujan maksimum untuk jenis distribusi Normal, Log Normal, Log Person III, dan Gumbel disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil

Gumbel dengan periode ulang 2 tahun, sehingga nilai R_{24} adalah 125.68 mm.

Limpasan Permukaan dan Kapasitas Saluran Drainase

Q_{peak} dihitung pada DTA I dan II, yang merupakan lokasi terjadinya banjir. Nilai C DTA I adalah 0.509, sedangkan nilai C DTA II adalah 0.474. Hal ini menunjukkan DTA I memiliki area permeabel yang lebih sedikit dibandingkan DTA II. Nilai I DTA I adalah 132.641 mm/jam, sedangkan nilai I DTA II adalah 87.962 mm/jam.

Nilai I DTA II lebih kecil daripada DTA I karena DTA II memiliki saluran drainase lebih panjang. Luas area DTA II lebih besar (21.341 ha) dibandingkan luas

Tabel 1 Luas Daerah Tangkapan Air (ha)

No	DTA	Luas DTA (ha)	Sub-DTA	Luas Sub-DTA (ha)	SubSub-DTA	Luas Subsub-DTA (ha)
1	DTA I	14.632	1-1	12.093	1-1A	4.208
					1-1B	5.900
					1-1C	1.984
			1-2	1.757	1-2A	1.444
					1-2B	0.313
			1-3	0.783	1-3A	0.783
					2-1A	2.138
					2-1B	7.810
					2-1C	1.734
2	DTA II	21.341	2-1	13.991	2-1D	1.414
					2-1E	0.895
					2-2A	2.955
			2-2	5.899	2-2B	1.471
					2-2C	1.473
			2-3	1.451	2-3A	1.451

area DTA I (14.63 ha), sehingga volume air hujan yang jatuh di DTA II lebih banyak. Nilai Q_{peak} pada DTA I dan II adalah 2.745 m³/detik dan 2.474 m³/detik. Nilai Q_{peak} untuk sub-DTA dan sub-sub-DTA disajikan di Tabel 3.

Evaluasi sistem drainase awal yang dilakukan adalah membandingkan debit kapasitas saluran drainase dengan debit puncak limpasan. Hasil evaluasi kapasitas

saluran disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut, hanya saluran pada sub-sub-DTA 1-1B yang memenuhi Q_{peak} , namun pada pengamatan langsung dilapangan ternyata saluran di sub-sub DTA 1-1B tidak mampu menampung debit limpasan. Peninjauan sistem drainase di DTA I, ternyata saluran drainase di sub-sub-DTA 1-1B menerima air limpasan dari sub-DTA 1-1 dan sub-DTA 1-2, sehingga

Tabel 2 Peluang Kejadian Hujan Harian Maksimum Berdasarkan 4 Metode Analisis

t (tahun)	Peluang Hujan Harian Maksimum (mm)			
	Normal	Log Normal	Log Person III	Gumbel
2	128.16	126.93	128.76	125.68
5	143.57	143.78	144.13	147.58
10	151.65	153.47	151.71	162.09
25	159.54	163.59	159.35	180.41
Cs	0.156	0.156	0.156	0.156
Ck	-	-	3.209	3.209
Hasil	x	x	x	✓

Q_{peak} yang masuk ke dalam saluran sub-sub-DTA 1-1B lebih besar dari Q_{saluran} yaitu 2.979 m³/detik.

dikategorikan sebagai tanah dengan laju infiltrasi sedang, sedangkan untuk tanah dengan laju infiltrasi di atas 6.5 cm/jam

Tabel 3 Limpasan permukaan dan kapasitas saluran drainase

Sub-DTA		Sub-sub DTA		Lokasi dan Karakteristik Saluran Drainase					
Kode	Runoff (m ³ /s)	Kode	Debit (m ³ /s)	Kode	Q_{mak} (m ³ /s)	S	V (m/s)	B (m)	H (m)
1-1	2.349	1-1A	0.937	1-1B	2.737	0.020	3.949	0.770	0.900
		1-1B	1.280	1-1B	2.737	0.020	3.949	0.770	0.900
		1-1C	0.424	1-1B	2.737	0.020	3.949	0.770	0.900
1-2	0.328	1-2A	0.312	1-1B	2.737	0.020	3.949	0.770	0.900
		1-2B	0.025	1-1B	2.737	0.020	3.949	0.770	0.900
1-3	0.250	1-3A	0.250						
2-1	2.171	2-1A	0.795						
		2-1B	1.381	2-1B	0.747	0.012	2.299	0.500	0.650
		2-1C	0.255						
		2-1D	0.676						
		2-1E	0.153						
2-2	0.608	2-2A	0.461	2-2A	0.092	0.005	1.025	0.300	0.300
		2-2B	0.341						
		2-2C	0.187						
2-3	0.117	2-3A	0.117						

Kapasitas Infiltrasi

Laju infiltrasi di area parkir GWW, Jalan Kamper, dan Jalan Meranti berdasarkan hasil pengukuran yang dianalisis dengan model Philip berturut-turut adalah 0.513 cm/jam, 7.856 cm/jam, dan 18.955 cm/jam. Area parkir GWW memiliki laju infiltrasi yang sangat lambat sehingga diperlukan water pocket dengan jumlah yang lebih banyak atau dimensi lebih besar. Menurut Arsyad (2010) tanah dengan laju infiltrasi 2 – 6.5 cm/jam

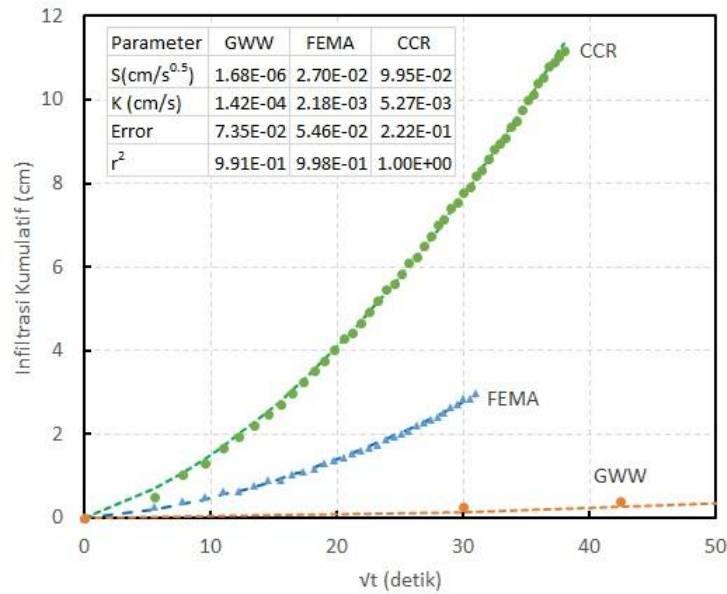
dikategorikan sebagai laju infiltrasi cepat. Hasil pengukuran laju infiltrasi di tiga lokasi disajikan pada Gambar 2.

Perancangan ZROS

Water pocket dirancang untuk mengatasi limpasan yang berasal dari area yang mengalami banjir. *Water pocket* dibangun dengan persyaratan jarak minimum: 1 m dari pondasi, 5 m dari *septic tank*, dan 3 m dari sumur air bersih (BSN 2002). Gambar skematik dimensi dan

Tabel 4 Hasil perancangan water pocket ZROS di lokasi banjir

Sub-sub-DTA	Jumlah	Panjang sisi (m)	Kedalaman (m)	Tersimpan (m ³)	Meresap (m ³)	Total (m ³)	Tersimpan (%)
1-1C (A)	9	1.60	2.83	27.90	1.373	29.27	95
1-1C (B)	8	1.60	2.88	24.80	1.238	26.04	95
1-1C (C)	10	1.60	2.82	31.00	1.522	32.52	95
1-1B	7	1.20	3.40	8.40	13.535	21.94	38
2-1B	5	1.20	2.98	6.00	20.850	26.85	22
2-2A	5	1.20	2.41	6.00	17.554	23.55	25

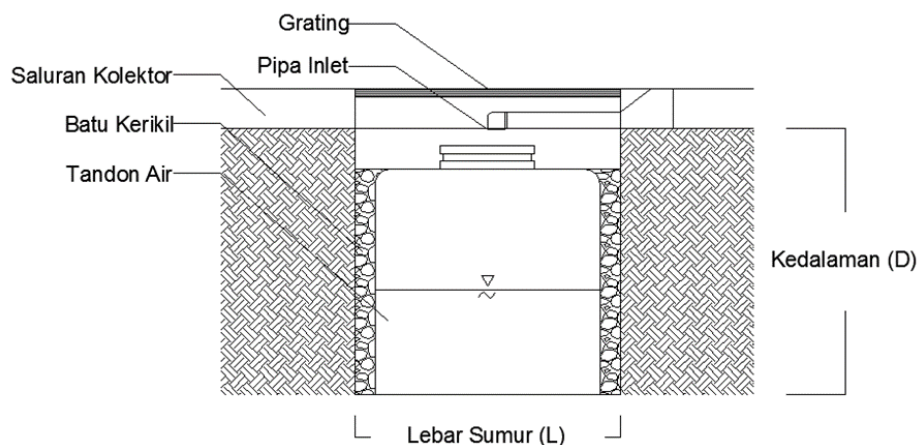


Gambar 2 Infiltrasi kumulatif di 3 lokasi

spesifikasi untuk *water pocket* disajikan pada Gambar 3

Lokasi banjir secara spesifik terjadi di sub-sub-DTA 1-1B (tiga lokasi), 1-1C, 2-1B, dan 2-2A. Volume andil banjir pada 3 lokasi di sub-sub-DTA 1-1B berturut-turut sebesar 66.57 m³ (lokasi A), 60.23 m³ (lokasi B), dan 73.74 m³ (lokasi C). Volume andil banjir pada sub-sub-DTA 1-1C, 2-1B, dan 2-2A adalah 47.85 m³, 42.30 m³, dan 34.93 m³. Rekapitulasi jumlah, dimensi, dan volume rancangan *water pocket* setiap sub-sub-DTA disajikan pada Tabel 4.

Masalah kualitas air yang ditampung pada *water pocket* perlu untuk diperhatikan. Beberapa cara untuk mengurangi kontaminan dalam air hujan diantaranya melakukan penyaringan atau pengalihan air hujan sebelum disimpan dalam tangki penyimpanan (Shadeed dan Lange 2010). Kualitas air hujan akan terus menurun karena perjalanannya mulai dari atap sampai saluran pembuangan, tetapi seiring dengan durasi hujan maka konsentrasi polutan dalam air hujan akan semakin konstan (Gouzhen *et al.* 2011).



Gambar 3 Potongan melintang water pocket

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, untuk mengurangi limpasan permukaan ke nol dengan curah hujan harian maksimum 125.68 mm, jumlah *water pocket* yang dibutuhkan adalah 44 unit. Dimensi *water pocket* mencakup panjang sisi 1.20 m (sub-sub-DTA 1-1B, 2-1B, dan 2-2A) dan 1.60 m (sub-sub-DTA 1-1C), serta kedalaman berkisar dari 2.41 m sampai 3.40 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Afolayan SO, Makinde AA, Shuaib M, Idris BA, Yaduma JJ, dan Yau MG. 2012. Rainfall harvesting, a sustainable water management alternative for food security in Nigeria. *Journal of Agricultural Research & Management*. 2012(136):1-8.
- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air Edisi Revisi*. Bogor(ID): IPB Press.
- Asquith WH, Cleveland TG, dan Roussel MC. 2011. A method for estimating peak and time of peak streamflow from excess rainfall for 10- to 640-acre watersheds in the Houston, Texas, metropolitan area: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report. 41 :2011–5104.
- Bhim S, Deepak R, Amol V, dan Jitendra S. 2012. Probability analysis for estimation of annual one day maximum rainfall of Jhalarapatan area of Rajasthan, India. *Plant Archives*. 12(2): 1093-1100. ISSN: 0972-5210.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2002. Standar Nasional Indonesia Nomor 03-2453-2002 tentang *Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*. Jakarta (ID): BSN.
- Campisano A, Di Liberto D, Modica C, dan Reitano S. 2014. Potential for peak flow reduction by rainwater harvesting tanks. *Journal of Procedia Engineering*. 89:1507-1514.
- Contreras SM, Sandoval TS, dan Tejada SQ. 2013. Rainwater harvesting, its prospects and challenges in the uplands of Talugtog, Nueva Ecija, Philippines. *International Soil and Water Conservation Research*. 1:56-67.
- Fachruddin. 2014. Rancang bangun pemanenan air hujan pada kebun pala di Kabupaten Aceh Selatan. Tesis. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Gouzheng Z, Yuanchao Y, Xiaodong L, dan Weina Z. 2011. Research and application of harvested rainwater in the villages and towns of China Loess Plateau region. *Journal of Energy Procedia*. 5:307-313.
- Hapsari. 2014. Analisis Hujan, Debit Puncak Limpasan dan Volume Genangan di Sekitar Jalan Meranti-Tanjung, Kampus IPB Darmaga Bogor. Skripsi. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Ihsan M. 2014. Analisis Hujan, Debit Puncak Limpasan dan Volume Genangan di Sekitar Gedung Graha Widya Wisuda-FEMA, Kampus IPB Darmaga Bogor. Skripsi. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Krebs P, dan Larsen TA. 1997. Guiding the development of urban drainage system by sustainability criteria. *Water Science and Technology*. 35 (9): 89-98.
- Kumar R, Thaman S, Agrawal G, dan Poonam S. 2011. Rain water harvesting and ground water recharging in North Western Himalayan Region for Sustainable

- Agricultural Productivity. *Journal of Environmental Research and Technology*. 1(4):539-544.
- Nugraha A. 2014 Analisis dan Rancangan Bangunan Resapan Air Hujan di Sekitar Jalan Meranti-Tanjung Kampus IPB Darmaga, Bogor. Skripsi. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor
- Otti VI, dan Ezenwaji EE. 2013. Enhancing community-driven initiative in Rainwater Harvesting in Nigeria. *International journal of Engineering and Technology*. 3(1):73-79.
- Papafotiou E, dan Katsifarakis KL. 2015. Ecological rainwater management in urban areas. Preliminary considerations for the city of Corinth, Greece. *Journal of Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 4:383-391.
- Philip, J.R. "Theory of infiltration." (1969). *Advances in Hydrosience*. v. 5, p. 215-296.
- Rajasa HK. 2014 Analisis dan Rancangan Bangunan Resapan Air Hujan di Sekitar Gedung Graha Widya Wisuda (GWW)-FEMA, Kampus IPB Darmaga, Bogor. Skripsi. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor
- Rajil P, Uma E, dan Shyla J. Rainfall-runoff analysis of a compacted area. 2011 *Agricultural Engineering International : the CIGR Journal*. 13 (1) : 1-11.
- Setiawan, Budi Indra. 2014. IPB Touts Zero Runoff System to Reduce Floods. June 7, 2014. <http://www.thejakartapost.com/news/2014/06/07/ipb-touts-zero-runoff-system-reduce-floods.html>. (Accessed October 14, 2015).
- Shadeed S, dan Lange J. 2010. Rainwater harvesting to alleviate water scarcity in dry conditions: a case study in Faria Catchment, Palestine. *Journal of Water Science and Engineering*. 3(2):132-143.
- Suyono S, dan Takeda K, 1983. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdianto, Y, B.I.Setiawan, Prastowo, S.K.Saptomo. 2012. Peningkatan Resapan Air Tanah dengan Saluran Resapan dan Rorak untuk meningkatkan Produktivitas Belimbing Manis (Increasing Soil Water Storage with Storage Channel to Increase Starfruits Productivity). *Jurnal Irigasi*, Vol.7, No.1, Hal:1-15. ISSN:1907-5545.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Tingsanchali T. 2012. Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*. 32 : 25-37. doi : 10.1016.
- Wijaya D. 2014. Analisis Pola Aliran dan Perencanaan Saluran Drainase di Sekitar Gedung Graha Widya Wisuda (GWW) - FEMA, Kampus IPB Darmaga Bogor. Skripsi. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor
- Wirasembada, YC, B.I.Setiawan, S.K. Saptomo. 2014. Pengembangan Konsep Zero Runoff System (ZROS) untuk Optimalisasi Kadar Air Tanah pada Lahan Perkebunan Non Irigasi. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, Vol.28, No.2 Hal : 125-132
- Yuwana MC. 2014. Analisis Pola Aliran dan Perencanaan Saluran Drainase di Sekitar Jalan Meranti-Tanjung Kampus IPB Darmaga, Bogor. Skripsi. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.

Halaman ini sengaja dikosongkan
(this page was intentionally left blank)